

# СТРУКТУРА И МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВ ТИТАНА И КАРБИДА БОРА

*Ленивцева О.Г., Самойленко В.В., Поляков И.А., Чучкова Л.В.*

*Руководитель - проф., д.т.н. Батаев А.А.*

Новосибирский государственный технический университет

г. Новосибирск

**lenivtseva\_olga@mail.ru**

В работе исследовались структура и свойства покрытий, полученных методом электронно-лучевой наплавки порошков титана и карбида бора на пластины из титанового сплава ВТ1-0. Установлено, что в процессе наплавки в наплавленном слое толщиной 3-3,4 мм формируются частицы упрочняющих фаз TiC и TiB, различной морфологии, распределенные в мартенситной матрице титана. Среднее значение микротвердости наплавленных слоев составляет 5,5 ГПа.

Сплавы на основе титана представляют собой группу конструкционных материалов, нашедших широкое применение в промышленном производстве. Основные их преимущества связаны с высоким уровнем удельной прочности и коррозионной стойкости [1]. Обладая по сравнению с другими конструкционными материалами рядом несомненных достоинств, титановые сплавы характеризуются низким уровнем триботехнических свойств [2-4]. Причины этого явления связаны с относительно низким уровнем твердости титана и его склонностью к образованию задиров при контакте с другими металлами. Одним из эффективных решений этой проблемы является формирование на титановых конструкциях поверхностных слоев, содержащих высокопрочные частицы и характеризующиеся высоким уровнем эксплуатационных свойств [3-7].

В данной работе представлены исследования покрытий на титане, полученных вневакуумной электронно-лучевой наплавкой порошков титана и карбида бора. Обработка проводилась на промышленном ускорителе электронов типа ЭЛВ-6 в Институте ядерной физики СО РАН.

В качестве основного металла использовались заготовки технически чистого титана ВТ1-0 размером 100x50 мм толщиной 12 мм. В состав наплавочной смеси входили порошки титана (40 вес. %) и карбида бора В<sub>4</sub>С (20 вес. %). Для обеспечения однородного плавления порошковой смеси и ее защиты от воздействия окружающей среды использовалась смесь флюсов СаF<sub>2</sub> (30 вес. %) и LiF (10 вес. %). Наплавочная смесь наносилась на поверхность заготовки из титанового сплава ВТ1-0 в количестве 16,5 г и подвергалась оплавлению. Скорость перемещения заготовки относительно

пучка электронов составляла 10 мм/с. Ток пучка электронов был изменяемым параметром (22...24 мА).

С увеличением тока пучка увеличивается толщина наплавленного слоя и размеры частиц упрочняющей фазы. При токе пучка 22 мА толщина наплавленного слоя составляет 3 мм, при повышении тока на 1 мА толщина повышается на 0,2 мм.

Методами рентгенофазового анализа зафиксировано, что основными фазами, присутствующими в наплавленном слое являются  $\alpha'$ -титан, карбид титана и монокорид титана. Наличие трех разных фаз подтверждается так же методами световой и электронной микроскопии (рис. 1).

В процессе электронно-лучевой наплавки частицы карбида бора растворяются в ванне расплава, и в процессе первичной кристаллизации из пересыщенного бором и углеродом раствора происходит выделение карбида и борида титана. В плоскости шлифа частицы борида титана выглядят в виде гексагональных кристаллов, а частицы карбида титана в виде дендритов и отдельных частиц округлой морфологии.

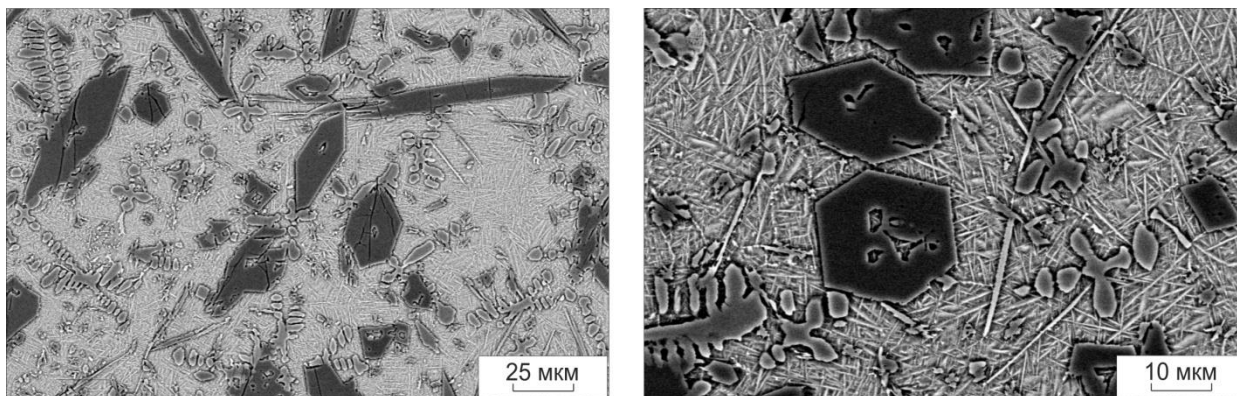


Рис. 1 Микроструктура наплавленных слоев, полученных при электронно-лучевой наплавки порошков титана и карбида бора

Микротвердость образцов оценивалась на твердомере Wolpert Group 402 MVD, нагрузка на алмазный индентор составляла 0,98 Н. Среднее значение микротвердости наплавленного слоя составляет 5,5 ГПа, что в 3 раза выше твердости основного металла. При этом титановая матрица имеет среднюю твердость 4,5 ГПа, карбиды титана – 7,5 ГПа. Средняя твердость кристаллов борида титана достигает 32 ГПа.

Использование технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошков титана и карбида бора на пластины из титанового сплава BT1-0 позволяет получить покрытия толщиной свыше 3 мм и микротвердостью 5,5 ГПа. Структура, формируемая в процессе наплавки, содержащая упрочняющие частицы карбида титана и карбида бора, распределенные в титановой матрице благоприятна с точки зрения повышения износостойкости титана.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Металловедение и термообработка сплавов титана. Структура и свойства : учебное пособие [Текст] / А. А. Попов, А. Г. Илларионов, Н. Г. Россина, С. В. Гриб. – Екатеринбург : УрФУ, 2013. – 268 с.
  2. Титановые сплавы в машиностроении [Текст] / Б. Б. Чечулин, С. С. Ушков, И. Н. Разуваева, В. Н. Гольдфайн. – Санкт-Петербург : Машиностроение, 1977. – 248 с.
  3. Development and characterization of laser clad high temperature self-lubricating wear resistant composite coatings on Ti-6Al-4V alloy [Text] / X. B. Liu, X. J. Meng, H. Q. Liu, G. L. Shi, S. H. Wu, C. F. Sun, M. D. Wang, L. H. Qi // Materials & Design. – 2014. – Vol. 55. – P. 404 – 409.
  4. Development of laser cladding wear-resistant coating on titanium alloys [Text] / B. Ruiliang, Y. Huijun, C. Chuanzhong, Q. Biao, Z. Lijian // Surface Review and Letters (SRL). – 2006. – Vol. 13, iss. 5. – P. 645 – 654.
  5. Hamedi, M. J. Effect of pulsed laser parameters on in-situ TiC synthesis in laser surface treatment [Text] / M. J. Hamedi, M. J. Torkamany, J. Sabbaghzadeh // Optics and Lasers in Engineering. – 2011. – Vol. 49, iss. 4. – P. 557 – 563.
  6. Structure and properties of surface layers obtained by atmospheric electron beam cladding of graphite-titanium powder mixture on to titanium substrate [Text] / O. Lenivtseva, E. Golovin, V. Samoylenko, D. Mul, D. Golovin // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 1040 (2014). – P. 784–789.
- Вневакуумная электронно-лучевая наплавка углеродсодержащих порошковых смесей на заготовки из титана BT1-0 [Текст] / О. Г. Ленивцева, И. А. Батаев, В. В. Иванцовский, Н. С. Белоусова, Е. Д. Головин, Т. А. Зимоглядова // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2013. – № 4. – С. 49–57.